

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 02-224319

(43)Date of publication of application : 06.09.1990

(51)Int.Cl.

H01L 21/027

(21)Application number : 01-043083

(71)Applicant : OKI ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 27.02.1989

(72)Inventor : TAGUCHI TAKASHI  
OTSUKA HIROSHI  
ABE KAZUTOSHI

## (54) PRACTICAL RESOLVING POWER EVALUATION METHOD FOR REDUCED PROJECTING ALIGNER

## (57)Abstract:

PURPOSE: To eliminate the irregularity of pattern dimension when a pivotal point is determined by a method wherein the value worked out under a specific condition is used as a pivotal point.

CONSTITUTION: A regression analysis is conducted on a resist pattern size using the secondary function of the focus of  $gx^2+hx+i$  and also by changing the quantity of exposure and the focus and by having (g), (h) and (i) as a coefficient for every quantity of exposure, the quantity of exposure E9 is obtained; and then the value of  $[i-(h^2/4g)]$  of exposure quantity E9 is worked out from the approximate curved line against the exposure quantity  $[i-(h^2/4g)]$ . Also, using the data of resist pattern size whose variables are a focus and the quantity of exposure a regression analysis is conducted using the function of  $f(x)=g(x+h)^2+i$ , and then (i) of exposure quantity E90 is worked out from the approximate curved line against the exposure quantity of the coefficient (i). The value obtained as above is used as a pivotal point. As a result, the irregularity of measurement results obtained by evaluating persons can be eliminated, and an accurate pivotal point can be obtained.

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

## ⑫ 公開特許公報(A)

平2-224319

⑬ Int. Cl.<sup>5</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成2年(1990)9月6日

H 01 L 21/027

7376-5F H 01 L 21/30

3 1 1 L

7376-5F

3 0 1 G

7376-5F

V

審査請求 未請求 請求項の数 7 (全14頁)

⑮ 発明の名称 縮小投影露光装置の実用解像力評価方法

⑯ 特 願 平1-43083

⑰ 出 願 平1(1989)2月27日

⑱ 発 明 者 田 口 隆 東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気工業株式会社内  
 ⑲ 発 明 者 大 塚 博 東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気工業株式会社内  
 ⑳ 発 明 者 阿 部 和 俊 東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気工業株式会社内  
 ㉑ 出 願 人 沖電気工業株式会社 東京都港区虎ノ門1丁目7番12号  
 ㉒ 代 理 人 弁理士 清水 守 外1名

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

縮小投影露光装置の実用解像力評価方法

## 2. 特許請求の範囲

(1)

(a) 露光量とフォーカスを変数としたレジスト寸法データにより、各露光量毎にフォーカスを  $x$  とし、 $g$ 、 $h$ 、 $i$  を係数として  $g x^2 + h x + i$  の関数で回帰分析を行い、

(b) 前記係数  $g$  の露光量変化を近似し、 $g = 0$  に対応する露光量を求め、

(b) 係数  $\{1 - (h^2 / 4g)\}$  の露光量変化を近似し、上記で求めた露光量における係数  $\{1 - (h^2 / 4g)\}$  の値をビタルポイントとすることを特徴とする縮小投影露光装置の実用解像力評価方法。

(2) 上記ビタルポイント近辺でのレンズ特性の評価を、上記で求めた露光量  $g = 0$  での  $h$  の値に基づいて行うようにしたことを特徴とする請求

項1記載の縮小投影露光装置の実用解像力の評価方法。

(3)

(a) 露光量とフォーカスを変数としたレジスト寸法データにより、各露光量毎にフォーカスを  $x$  とし、 $g$ 、 $h$ 、 $i$  を係数として  $g(x+h)^2 + i$  の関数で回帰分析を行い、係数  $g$  の露光量変化を近似し、 $g = 0$  となる露光量を求め、

(b) 係数  $i$  の露光量変化を近似し、上記で求めた露光量で係数  $i$  の値を求め、該係数  $i$  の値をビタルポイントとすることを特徴とする縮小投影露光装置の実用解像力評価方法。

(4)

(a) 目標寸法及び寸法制御範囲を設け、該寸法制御範囲内で必要とする露光ラチチュードを満足するフォーカス深度を実用フォーカス深度とし、

(b) 各露光量毎に前記寸法制御範囲内に入るフォーカス深度、及びベストフォーカスでの寸法上限値となる露光量  $E_1$ 、及び寸法下限値となる露光量  $E_2$  を求め、

(c) 縦軸をフォーカス深度、横軸を露光量としてプロットし、前記露光量  $E_r$ 、 $E_n$  から直線近似を行い、該露光量  $E_r$ 、 $E_n$  を底辺とした三角形をつくり、その三角形の頂点のフォーカス深度を  $F_n$  とし、ベストフォーカス時の露光ラチチュード  $L_n$  を算出し、

(d) 必要とする露光ラチチュードを  $L_s$  とした場合の実用フォーカス深度  $F_s = F_n \times (1 - L_n / L_s)$  を求め、この指数を用いて実用フォーカス深度を評価することを特徴とする縮小投影露光装置の実用解像力評価方法。

(5)

(a) 露光量とフォーカスを変数としたレジスト寸法データにより、各露光量毎にフォーカスを  $x$  とし、 $g$ 、 $h$ 、 $i$  を係数として  $g x^2 + h x + i$  の関数でレジスト寸法の近似を行い、

(b) 目標寸法及び寸法制御範囲を定め、該寸法制御範囲での露光ラチチュードを各フォーカスポイントで求め、

(c) 露光ラチチュードが最大となるフォーカスポ

イントを満足するフォーカス深度を実用フォーカス深度  $F_s$  とすることにより、実用解像力指数として三角形の実用フォーカス深度内の面積  $1/2 (L_n + L_s) \times F_s$  を求め、

(d) 該実用解像力指数に基づき、縮小投影露光装置の実用解像力を定量的に評価することを特徴とする縮小投影露光装置の実用解像力評価方法。

(7)

(a) 露光量とフォーカスを変数とした空間周波数の異なるラインアンドスペースのレジスト寸法について、空間周波数の異なるラインアンドスペースパターン毎に、各露光量毎にフォーカスを  $x$  とし、 $g$ 、 $h$ 、 $i$  を係数として、 $g x^2 + h x + i$  の関数で近似し、

(b) 各空間周波数毎に目標寸法及び寸法制御範囲を定め、各露光量毎に寸法制御範囲に入るフォーカス深度を求め、横軸に露光量、縦軸に上記で求めたフォーカス深度を各空間周波数毎にプロットするとともに、ベストフォーカス時の寸法上限値露光量  $E_r$  及び寸法下限値の露光量  $E_n$  をフォー

イントをベストフォーカスポイントとすることを特徴とする縮小投影露光装置の実用解像力評価方法。

(6)

(a) 露光量とフォーカスを変数としたレジスト寸法データにより、各露光量毎にフォーカスを  $x$  とし、 $g$ 、 $h$ 、 $i$  を係数として、 $g x^2 + h x + i$  の関数でレジスト寸法の近似を行い、

(b) 目標寸法及び寸法制御範囲を定め、各露光量毎に寸法制御範囲に入るフォーカス深度を求め、

(c) 横軸に露光量、縦軸に上記で求めたフォーカス深度をプロットし、また、ベストフォーカス時の寸法上限値の露光量  $E_r$  及び寸法下限値の露光量  $E_n$  をフォーカス深度 0 の露光量軸にプロットし、露光量  $E_r$ 、 $E_n$  から直線近似を行い、露光量  $E_r$ 、 $E_n$  を底辺とした三角形をつくり、該三角形の頂点のフォーカス深度を  $F_n$  とし、ベストフォーカス時の露光ラチチュード  $(E_n - E_r) / (E_n + E_r)$  を  $L_n$  とし、必要とする露光ラチチュードを  $L_s$  とした場合、必要とする露光ラ

チチュード  $L_s$  を満足するフォーカス深度を実用フォーカス深度  $F_s = F_n \times (1 - L_n / L_s)$  とし、前記露光量  $E_r$ 、 $E_n$  から直線近似を行い、露光量  $E_r$ 、 $E_n$  を底辺とした三角形をつくり、該三角形の頂点のフォーカス深度を  $F_n$  とし、ベストフォーカス時の露光ラチチュード  $L_n$  を  $(E_n - E_r) / (E_n + E_r)$  として求め、必要とする露光ラチチュードを  $L_s$  とした場合、必要とする露光ラチチュードを満足するフォーカス深度を実用フォーカス深度  $F_s = F_n \times (1 - L_n / L_s)$  として求め、前記三角形内の実用フォーカス深度内を表す台形をそれぞれの空間周波数で求め、該求めた空間周波数の実用解像力を評価するために求めたい空間周波数の台形とそれ以下の空間周波数の台形とを重ね合わせ、共通する部分の面積を、求めたい空間周波数の実用解像力指数としてを求め、

(c) 該実用解像力指数により、空間周波数の異なるラインアンドスペースパターンの実用解像力を評価することを特徴とする縮小投影露光装置の実用解像力評価方法。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、半導体装置製造におけるホトリソグラフィ工程でのレジスト回路パターンをウエハ上に塗布されたレジストに、パターン転写を行う縮小投影露光装置の実用解像力の評価方法に関するものである。

(従来の技術)

縮小投影露光装置の実用解像力の評価項目として、ウエハへのフォーカスポイントを変えた場合に、レジスト寸法変化の最も少なくなるビボタルポイントが挙げられる。

第4図はかかる従来の第1の評価方法としてのビボタルポイントの決定例を示す図である。

まず、露光量を01から08まで増やし、各露光量に対するフォーカスポイントをベストフォーカス近辺で変え、露光を行い、レジストパターンを形成し、このパターン寸法を測長する。この測長結果に基づき、縦軸にフォーカスポイント( $\mu\text{m}$ )、横軸にパターン寸法( $\mu\text{m}$ )をとり、プロットし、露光量毎にフォーカスに対する寸法特性を出し、

フォーカスを変えた時に寸法変化の最も少ない露光量での寸法、つまり、ビボタルポイントを正確に決めることは困難である。また、レンズの特性によっては、ビボタルポイントでのフォーカスの変化に対するパターン寸法が一定とならず、第4図に示す露光量04のように、寸法が一様に減少又は増加する場合があり、評価結果にバラツキが生じやすく、縮小投影露光装置の実用解像力の評価の重要な項目であるビボタルポイントに誤差が生じる場合があった。

また、上記第2の評価法では、実用解像力の評価項目として重要である露光ラチチュードとフォーカス深度を別々に評価しており、また、フォーカス深度に関しては、レジストの断面プロファイルにより評価を行っているため、断面基準にバラツキがあり、データ収集に時間がかかり、また定量的な数値として取り扱うことが難しいという問題点があった。

また、第3の評価方法では、各露光量に対するパターン忠実度の評価を行うことは可能であるが、

寸法特性上、最も変化の少ない露光時間での寸法をグラフから想定し、これをビボタルポイントとして決定するようにしていた。

また、第2の評価方法として、第5図に示すように、ベストフォーカスでのパターン寸法特性から、露光量に対するラチチュード等を求める方法がある。この場合、フォーカス深度に対しては、レジストパターンのプロファイルによる評価を行うようにしていた。

更に、第3の評価方法として、第6図に示すように、縦軸にラインアンドスペースパターンのビボタルポイント、横軸にパターン寸法をとり、各露光量に対する寸法特性を求め、それぞれのピッチに対するマスク寸法とのズレ $\Delta L_1$ 、 $\Delta L_2$ 等に基づいてパターン忠実度を評価する方法があった。

(発明が解決しようとする課題)

しかしながら、上記の第1の評価方法であるビボタルポイントの決定方法では、実際の寸法データを露光量のあるステップに変えて収集するため、

第1の評価法と同様に、露光ラチチュード、フォーカス深度、空間周波数を組み合わせた評価をすることができないといった問題があった。

本発明の目的は、以上述べたビボタルポイントを決定する際のパターン寸法のバラツキを無くし、正確にビボタルポイントを決めることができ、また、ビボタルポイントの露光量でのレンズの特性を的確に評価し得る縮小投影露光装置の実用解像力評価方法を提供することにある。

本発明の他の目的は、以上述べた露光ラチチュードとフォーカス深度とを別々に評価するため、断面基準にバラツキがあり、データ収集に時間がかかり、定量的な数値として取り扱うことが困難であるという問題点を除去し、露光ラチチュードを組み合わせた実用フォーカス深度の定量的評価を行い得る縮小投影露光装置の実用解像力評価方法を提供することにある。

本発明の更に他の目的は、以上述べた露光ラチチュード、フォーカス深度、空間周波数を組み合わせた評価ができなかった問題点を除去し、上記

露光ラチチュード、フォーカス深度、空間周波数の3種のパラメータを組み合わせた評価指数を定義し、空間周波数に対し、実用解像力を定量的に評価する縮小投影露光装置の実用解像力評価方法を提供することにある。

(課題を解決するための手段)

本発明は、上記目的を達成するために、

(A) 縮小投影露光装置の実用解像力の評価項目の一つであるビボタルポイントを求める場合において、フォーカスポイントと露光量をパラメータとしたレジストパターン寸法のデータにより、各露光量毎にフォーカスを $x$ 、レジストパターン寸法を $f(x)$ とし、 $f(x) = gx^2 + hx + i$ の関数によって回帰分析を行い、係数 $g$ 、 $h$ 、 $(i - (h^2 / 4g))$ を算出し、次いで、 $g = 0$ の露光量を求める。この露光量がビボタルポイントの露光量であり、これに対する $(i - (h^2 / 4g))$ の係数の変化により、先に求めたビボタルポイントの露光量での $(i - (h^2 / 4g))$ の値を求める。

$E_v$ 、 $E_m$ から直線近似を行い、その露光量 $E_v$ 、 $E_m$ を底辺とした三角形をつくり、該三角形の頂点のフォーカス深度を $F_m$ とし、ベストフォーカス時の露光ラチチュード $(E_m - E_v) / (E_m + E_v)$ を $L$ とし、必要とする露光ラチチュード $L_m$ とした場合、必要とする露光ラチチュード $L_m$ を満足するフォーカス深度を実用フォーカス深度 $F_s$ となし、 $F_s = F_m \cdot (1 - L_m / L)$ を求め、実用フォーカス深度を定量的に評価するようにしたものである。

(C) 縮小投影露光装置のベストフォーカスを決定する場合において、フォーカスポイントと露光量を変数としたレジストパターン寸法のデータにより、各露光量毎にフォーカスを $x$ 、寸法を $f(x)$ として、 $f(x) = gx^2 + hx + i$ の関数で回帰分析を行う。ここで、 $g$ 、 $h$ 、 $i$ は係数である。次に目標寸法及び寸法制御範囲を定め、該寸法制御範囲での露光ラチチュードを各フォーカスポイントで求め、この露光ラチチュードが最大となるフォーカスポイントをベストフォーカス

また、フォーカスポイントと露光量をパラメータとしたレジストパターン寸法のデータにより、各露光量毎にフォーカスを $x$ 、寸法を $f(x)$ とし、 $f(x) = gx^2 + hx + i$ の関数で回帰分析を行い、係数 $g$ 、 $h$ 、 $i$ を算出し、次に、 $g = 0$ の露光量を求める。この露光量がビボタルポイントの露光量であり、露光量に対するパラメータの変化より、先に求めたビボタルポイントの露光量での $i$ の値を求める。この値をビボタルポイントとして決定する。

(B) フォーカスと露光量を変数としたレジスト寸法データにより、各露光量毎にフォーカスを $x$ として $gx^2 + hx + i$  ( $g$ 、 $h$ 、 $i$ は係数)の関数でレジスト寸法の近似を行い、次いで、目標寸法及び寸法制御範囲を定め、各露光量毎に寸法制御範囲内に入るフォーカス深度を求め、横軸に露光量、縦軸に上記で求めたフォーカス深度をプロットし、また、ベストフォーカス時の寸法上限値の露光量 $E_v$ 及び寸法下限値の露光量 $E_m$ をフォーカス深度0の露光量軸にプロットし、露光量

とするようにしたものである。

(D) フォーカスと露光量を変数としたレジスト寸法データにより、各露光量毎にフォーカスを $x$ とし、 $gx^2 + hx + i$  ( $g$ 、 $h$ 、 $i$ は係数)の関数でレジスト寸法の近似を行い、次いで、目標寸法及び寸法制御範囲を定め、各露光量毎に寸法制御範囲内に入るフォーカス深度を求め、横軸に露光量、縦軸に上記で求めたフォーカス深度をプロットし、また、ベストフォーカス時の寸法上限値の露光量 $E_v$ 及び寸法下限値の露光量 $E_m$ をフォーカス深度0の露光量軸にプロットし、露光量 $E_v$ 、 $E_m$ から直線近似を行い、 $E_v$ 、 $E_m$ を底辺とした三角形をつくり、該三角形の頂点のフォーカス深度を $F_m$ とし、ベストフォーカス時の露光ラチチュード $(E_m - E_v) / (E_m + E_v)$ を $L$ とし、必要とする露光ラチチュード $L_m$ とした時、必要とする露光ラチチュード $L_m$ を満足するフォーカス深度を実用フォーカス深度 $F_s$ とすることにより、実用解像力指数として三角形の実用フォーカス深度内の面積、 $1/2(L_m +$

$L_0) \times F_0$  を求め、縮小投影露光装置の実用解像力を定量的に評価するようにしたものである。

(E) フォーカスと露光量を変数とした空間周波数の異なるラインアンドスペースのレジスト寸法について、空間周波数の異なるラインアンドスペースパターン毎に、各露光量毎にフォーカスを  $x$  とし、 $g \cdot x^2 + h \cdot x + i$  ( $g, h, i$  は係数) の関数で近似し、次に、各空間周波数毎に目標寸法及び寸法制御範囲を定め、各露光量毎に寸法制御範囲内に入るフォーカス深度を求め、縦軸に露光量、横軸に上記で求めたフォーカス深度を各空間周波数毎にプロットし、また、ベストフォーカス時の寸法上限値露光量  $E_+$  及び寸法下限値の露光量  $E_-$  をフォーカス深度 0 の露光量軸にプロットし、露光量  $E_+$ 、 $E_-$  から直線近似を行い、露光量  $E_+$ 、 $E_-$  を底辺とした三角形をつくり、該三角形の頂点のフォーカス深度を  $F_0$  とし、ベストフォーカス時の露光ラチチュード  $L_0$  を  $(E_+ - E_-) / (E_+ + E_-)$  として求め、必要とする露光ラチチュードを  $L_0$  とした場合、必要とする

の値として評価することができる。

(3) 更に、ビタルポイントを回帰分析等の近似曲線から求めるため、測定データを少なくすることが可能で、寸法特性の決定に費やす時間を少なくすることができる。

(4) 目標寸法及び、寸法制御範囲を設け、この寸法制御範囲内で必要とする露光ラチチュードを満足するフォーカス深度を実用フォーカス深度となし、露光ラチチュードとフォーカス深度を組み合わせた指数として評価を行うことができる。

(5) ベストフォーカスを決定する際、目標寸法及び寸法制御範囲を定め、この寸法制御範囲での各フォーカスポイントでの露光ラチチュードの最大値を与えるフォーカスポイントを求めるようにし、また、各露光量毎のフォーカスに対する寸法特性をフォーカスの 2 次関数で近似し、数値計算して取り扱うようにしたので、ベストフォーカスポイントを決定する際の誤差を少なくし、正確にベストフォーカスを決定することができる。

(6) 目標寸法、寸法制御範囲を設け、この寸法

露光ラチチュードを満足するフォーカス深度を実用フォーカス深度  $F_0 = F_0 \times (1 - L_0 / L_0)$  として求め、前記三角形内の実用フォーカス深度内を要す台形をそれぞれの空間周波数で求め、求めた空間周波数の実用解像力を評価するには、求めたい空間周波数の台形とそれ以下の空間周波数の台形とを重ね合わせ、そこで共通する部分の面積を、求めたい空間周波数の実用解像力指数として求め、この指数により空間周波数の異なるラインアンドスペースパターンの実用解像力を評価するようにしたものである。

(作用)

本発明によれば、上記のように構成したので、

(1) ビタルポイントの決定に際し、パターン寸法のバラツキ等がなくなり、正確に短時間に評価を行うことができる。

(2) また、理想レンズの場合には、 $g = 0$  において  $h = 0$  となるが、レンズの製造、組立誤差やフォーカスの変化などにより寸法が一様に増加する場合が生じ、この場合を  $g = 0$  の露光量での  $h$

制御範囲内で必要とする露光ラチチュードを満足する実用フォーカス深度を定義し、ベストフォーカスにおける露光ラチチュードと要求されるラチチュード、及び実用フォーカス深度により算出されるフォーカス深度と露光ラチチュードを組み合わせた実用解像力指数を定義したので、この指数を評価することにより、フォーカス深度と露光ラチチュードを組み合わせた評価が可能である。

(7) 各空間周波数毎に目標寸法、寸法制御範囲を設け、この寸法制御範囲内で必要とする露光ラチチュードを満足する実用フォーカス深度を定義し、また、解像力指数を台形の面積として定義し、評価する空間周波数に介しては、これ以下の空間周波数の台形との重複領域を評価することにより、フォーカス深度と露光ラチチュードを組み合わせた評価が可能となり、また、空間周波数による露光量依存性に関しても評価を行うことができる。

(実施例)

以下、本発明の実施例について図面を参照しながら詳細に説明する。

(A) 本発明の第1実施例を示すビボタルポイントを求める方法、及びビボタルポイント付近での理想レンズとの違いの評価方法について、順を追って説明する。

前記した第4図に示したフォーカスと露光量を変数としたレジストパターン寸法を測長し、このデータを、露光量毎にフォーカスを $x$ 、その寸法を $f(x)$ とし、 $f(x) = gx^2 + hx + i$ の関数で回帰分析を行う。第1図にその回帰分析の結果を示す。ここで、 $g$ 、 $h$ 、 $i$ は各露光量毎の回帰曲線の係数である。

次に、横軸に露光量を取り、縦軸に係数 $g$ の $i$ をプロットしたグラフを作成し、係数 $g$ の変化の近似が可能となる関数により近似し、係数 $g=0$ となる露光量 $E_{00}$ を求める。この結果を第2図に示す。

このように、フォーカスに対する露光量の変化をフォーカスの2次関数で近似しているため、係数 $g=0$ の露光量 $E_{00}$ は、パターン寸法がフォーカスに対して一様に増加又は減少する理想レンズ

$=0$ となる寸法一定との違いを定量的に評価することができる。

この評価において、本実施例では係数の露光量に対する変化をプロットするようにしたが、係数 $g$ 、 $h$ 、 $\{1 - (h^2 / 4g)\}$ の変化のグラフをプロットせず、計算だけでビボタルポイントを求めるようにしても良い。

次に、本発明の第2実施例を示すビボタルポイントの決定方法について説明する。

第7図は、第1図に示したようなフォーカスと露光量を変数としたレジストパターン寸法を示しており、このデータにより、露光量毎にフォーカスを $x$ 、寸法を $f(x)$ として、 $f(x) = g(x+h)^2 + i$ の関数で回帰分析を行う。ここで、 $g$ 、 $h$ 、 $i$ は各露光量毎の回帰曲線の係数である。第8図にそれぞれの露光量での回帰分析の結果を示す。

次に、第9図に示すように、横軸に露光量を、縦軸に係数 $i$ をプロットし、露光量に対する $i$ の変化を測定する。ここで、 $i$ は2次関数の $g > 0$

ではない場合のビボタルポイントの露光量となる。この場合、ビボタルポイント寸法を決めることが非常に難しい。そこで、この実施例においては、係数 $\{1 - (h^2 / 4g)\}$ よりビボタルポイントの寸法を求める。

第3図は係数 $\{1 - (h^2 / 4g)\}$ の露光量に対する値のプロット及び近似曲線を示しており、このグラフからビボタルポイントの寸法を求める方法を以下に示す。

ここで、 $\{1 - (h^2 / 4g)\}$ は2次関数の頂点を表しており、各露光量でのベストフォーカスでの寸法と考えられ、先に求めた露光量 $E_{00}$ での $\{1 - (h^2 / 4g)\}$ の値を求めることにより、ビボタルポイントの寸法とする。また、理想レンズとの違いは、横軸に露光量、縦軸に係数 $h$ をプロットし、露光量に対する $h$ の変化を近似し、露光量 $E_{00}$ での $h$ を値として評価を行う点にある。露光量 $E_{00}$ における係数 $g$ は0なので、フォーカスに対するパターン寸法の変化は傾き $h$ の1次関数となり、理想レンズでのビボタルポイントで $g$

の場合の最小値、かつ $g < 0$ の場合の最大値であり、露光量毎のフォーカスに対する寸法変化の頂点、つまり、頂点の露光量に対する寸法変化である。そして、 $i$ の変化の近似が可能となる関数により回帰分析を行い、 $g=0$ となる露光量 $E_{00}$ の $i$ の値を求める。 $E_{00}$ におけるパターン寸法はフォーカスに依存しないため、 $i$ の $E_{00}$ の値がビボタルポイントとなり、これを求めることができる。この際、 $g$ 、 $i$ の変化のグラフをプロットせず、計算だけでビボタルポイントを求めてもよい。また、 $g$ と $i$ の関係を近似し、 $g=0$ の時の $i$ の値を求め、ビボタルポイントとすることもできる。

(B) 本発明の第3の実施例を示す実用フォーカス深度を求める方法を順を追って説明する。

第1図に示したフォーカスと露光量を変数としたレジストパターン寸法を測長し、このデータにより、露光量毎にフォーカスを $x$ 、パターン寸法を $f(x)$ として、 $f(x) = gx^2 + hx + i$ の関数で回帰分析を行う。第10図にその回帰分析の結果を示す。ここで、 $g$ 、 $h$ 、 $i$ は各露光量毎

の回帰曲線の係数である。

次に、目視寸法及び寸法制御範囲を定め、各露光量毎に寸法制御範囲に入るフォーカス深度を求める。第11図に示すように、露光量 $E_r$ ではフォーカス深度 $F_r$ 、露光量 $E_n$ ではフォーカス深度 $F_n$ となり、ベストフォーカスにおいて、寸法上限値41となる露光量 $E_r$ 、寸法下限値42となる露光量 $E_n$ を求める。

次に、第12図に示すように、縦軸に上記で求めたフォーカス深度、横軸に露光量を取り、プロットする。また、露光量 $E_r$ 、 $E_n$ はフォーカス深度0としてプロットする。

次に、露光量 $E_r$ 、 $E_n$ から直線近似51、52を行い、三角形53をつくり、頂点54を最大のフォーカス深度として $F_n$ とする。そして、ベストフォーカス時の露光ラチチュード $L_0 = (E_n - E_r) / (E_n + E_r)$ を計算し、必要とする露光ラチチュード $L_0$ とした時、必要とする露光ラチチュード $L_0$ を満足するフォーカス深度を実用フォーカス深度 $F_e$ とし、上記で求めた $L_0$ 、 $F_n$ 及

び設定した $L_0$ により、実用フォーカス深度 $F_e = F_n \times (1 - L_0 / l_0)$ を求め、この値によりフォーカス深度の定量的な評価を行う。

本実施例では、レジストパターン寸法のデータにより、各露光量毎に $f(x) = gx^2 + hx + i$ の2次関数で回帰分析を行ったが、別の関数で近似を行い、各露光量でのフォーカス深度を算出することも可能である。

(C) 本発明の第4実施例を示す縮小投影露光装置のフォーカスと露光時間を変えたレジスト寸法の測長データから、ベストフォーカスを決める方法を順を追って説明する。

第1図に示す各露光量毎のフォーカスに対する寸法特性について、 $f(x) = gx^2 + hx + i$ の関数で回帰分析を行う。ここで、 $g$ 、 $h$ 、 $i$ は係数である。

次に、第11図及び第13図に示すように、目視寸法31及び寸法制御範囲32を定め、この寸法範囲内の各フォーカスポイントの露光ラチチュードを求める。この露光ラチチュードは、各フォーカス

点で露光量による寸法特性を近似し、寸法上限値33での露光量 $E_r$ と寸法下限値34での露光量 $E_n$ を求めることにより、 $(E_n - E_r) / (E_n + E_r)$ として算出される。その一例として、フォーカスポイント35の時、露光量 $E_r$ は曲線36の露光量となり、露光量 $E_n$ は曲線37の露光量となる。

次に、第14図に示すように、横軸にフォーカスポイント、縦軸に露光ラチチュードを取り、グラフにプロットし、露光ラチチュードの最大となるフォーカスポイント41を求め、このフォーカスポイントをベストフォーカスとする。図において、ベストフォーカスポイントを求める際、フォーカスに対するラチチュード変化を近似可能な関数で与え、回帰分析を行い、数値計算し、最大値を与えるフォーカスポイントを求めてもよい。なお、ここでは、最大点からの左右の値を1次関数で近似してある。また、フォーカスポイントの決定を数値計算だけで行う場合、グラフをプロットする必要はない。

(D) 本発明の第5の実施例を示す実用解像力指

数を求める方法を順を追って説明する。

第1図に示したフォーカスと露光量を変数としたレジストパターン寸法を測長し、このデータにより、露光量毎にフォーカスを $x$ 、パターン寸法を $f(x)$ として、 $f(x) = gx^2 + hx + i$ の関数で回帰分析を行う。第10図に回帰分析の結果を示す。ここで、 $g$ 、 $h$ 、 $i$ は各露光量毎の回帰曲線の係数である。次に、目視寸法及び寸法制御範囲を定め、各露光量毎に寸法制御範囲に入るフォーカス深度を求める。第11図に示すように、露光量 $E_r$ ではフォーカス深度 $F_r$ 、露光量 $E_n$ ではフォーカス深度 $F_n$ となり、ベストフォーカスにおいて、寸法上限値41となる露光量 $E_r$ 、寸法下限値となる露光量 $E_n$ を求める。

次に、第12図に示すように、縦軸に上記で求めたフォーカス深度と、横軸に露光量を取りプロットする。また、露光量 $E_n$ 、 $E_r$ はフォーカス深度0としてプロットする。

次に、露光量 $E_r$ 、 $E_n$ から直線近似51、52を行い、三角形53をつくり、頂点54を最大のフォー



カス深度として $F_0$ とする。そして、ベストフォーカス時の露光ラチチュード $L_0 = (E_0 - E_r) / (E_0 + E_r)$ を計算し、必要とする露光ラチチュードを $L_1$ とする。これにより、 $L_1$ を満足する三角形内の領域は、実用フォーカス深度 $F_x = F_0 \times (1 - L_1 / L_0)$ 以下の領域で、 $L_1 < L_0$ の時は台形55の領域となる。この台形の面積を実用解像力指数とし、この値により、定量的に実用解像力の評価を行う。台形の面積は $1/2 (L_0 + L_1) \times F_x$ として求めることができる。

本実施例では、レジストパターン寸法のデータにより、各露光量毎に $f(x) = gx^2 + hx + i$ の2次関数で回帰分析を行ったが、別の関数で近似を行い、各露光量でのフォーカス深度を求めることも可能である。また、各露光量でのフォーカス深度をプロットし、最大深度 $F_0$ を求めたが、これを数値計算で求めてもよい。

(E) 本発明の第6の実施例を示す実用解像力指数を求める方法を順を追って説明する。

第1図に示したフォーカスと露光量を変数とし

を行い、三角形53をつくり、頂点54を最大のフォーカス深度として $F_0$ とする。そして、ベストフォーカス時の露光ラチチュード $L_0 = (E_0 - E_r) / (E_0 + E_r)$ を計算し、必要とする露光ラチチュードを $L_1$ とする。これにより、 $L_1$ を満足する三角形内の領域は、実用フォーカス深度 $F_x = F_0 \times (1 - L_1 / L_0)$ 以下の領域で、 $L_1 < L_0$ の時は台形55の領域となる。この領域の面積を実用解像力指数とする。

求めたい空間周波数の実用解像力を評価するには、第15図に示すように、求めたい空間周波数の台形61とそれ以下の空間周波数の台形62、63を重ね合わせ、それらに共通する部分の面積64を求めたい空間周波数の実用解像力指数とし、この指数により空間周波数の異なるラインアンドスペースパターンの実用解像力を評価する。

本実施例では、レジストパターン寸法のデータにより、各露光量毎に $f(x) = gx^2 + hx + i$ の2次関数で回帰分析を行ったが、別の関数で近似を行い、各露光量でのフォーカス深度を求め

たレジストパターン寸法を、空間周波数の異なるラインアンドスペースパターンに対して測定し、各空間周波数毎のデータにより、露光量毎にフォーカスを $x$ 、レジスト寸法を $f(x)$ とし、 $f(x) = gx^2 + hx + i$ の関数で回帰分析を行う。第10図にその回帰分析の結果を示す。ここで、 $g$ 、 $h$ 、 $i$ は各露光量毎の回帰曲線の係数である。

次に、各空間周波数毎に目標寸法及び寸法制御範囲を定め、各露光量毎に寸法制御範囲に入るフォーカス深度を求める。

第11図に示すように、露光量 $E_1$ ではフォーカス深度 $F_1$ 、露光量 $E_2$ ではフォーカス深度 $F_2$ となり、ベストフォーカスにおいて寸法上限値41となる露光量 $E_r$ 、寸法下限値となる露光量 $E_0$ を求める。

次に、第12図に示すように、縦軸に上記で求めたフォーカス深度とり、横軸に露光量を取り、プロットする。また、露光量 $E_0$ 、 $E_r$ はフォーカス深度0としてプロットする。

次に、露光量 $E_r$ 、 $E_0$ から直線近似51、52を

することも可能である。また、上記実施例においては、各露光量でのフォーカス深度をプロットし、最大フォーカス深度 $F_0$ を求めたが、これを数値計算で求めるようにしてもよい。

なお、本発明は上記実施例に限定されるものではなく、本発明の趣旨に基づいて種々の変形が可能であり、これらを本発明の要旨から排除するものではない。

(発明の効果)

以上、詳細に説明したように、本発明によれば、次のような効果を実現することができる。

(A)

(1) 露光量とフォーカスを変え、各露光量毎に $g$ 、 $h$ 、 $i$ を係数として、 $gx^2 + hx + i$ のフォーカスの2次関数でレジストパターン寸法の回帰分析を行い、 $g = 0$ となる露光量を近似曲線から求め、露光量 $E_0$ とし、次いで、 $(1 - (h^2 / 4g))$ の露光量に対する近似曲線から、 $E_0$ での $(1 - (h^2 / 4g))$ の値を求める。

また、フォーカスと露光量を変数としたレジス

トパターン寸法のデータを用いて、露光量毎にフォーカスを $x$ 、寸法を $f(x)$ とし、 $f(x) = g(x+h)^2 + 1$ の関数で回帰分析を行い、次いで、係数 $1$ の露光量に対する近似曲線から露光量 $E_0$ での $1$ の値を求める。

このようにして、ビボタルポイントとするようにしたので、評価する人による測定結果のバラツキがなくなり、正確なビボタルポイントを求めることができる。

(2) 理想レンズとのビボタルポイント近辺での寸法特性の違いは、 $g=0$ での $h$ の値により評価でき、実際のレンズの寸法特性を的確に評価することができる。

(3) ビボタルポイントを回帰分析等の近似曲線から求めるため、測定データを少なくすることが可能になり、寸法特性に費やす時間を少なくすることができる。

(B) 目標寸法、及び寸法制御範囲を設け、この寸法制御範囲内で必要とする露光ラチチュードを満足するフォーカス深度を実用フォーカス深度と

し定めたので、露光ラチチュードとフォーカス深度とを、ひとつの組み合わせ指数として、評価することが可能である。また、評価指数の算出はデータにより定量的に行うことができ、判断基準のバラツキ、データ収集の時間が削減でき、正確に短時間に評価を行うことができる。

(C) ベストフォーカスを決定する際、目標寸法及び寸法制御範囲を定め、この寸法制御範囲での各フォーカスポイントで、露光ラチチュードの最大値を与えるフォーカスポイントを求めるようにし、また、各露光量毎のフォーカスに対する寸法特性をフォーカスの2次関数で近似し、数値計算して取り扱うようにしたので、第1図から左右対称点を求め、ベストフォーカスポイントと決定する際の人による測定誤差を少なくし、正確にベストフォーカスを決定することができる。

(D) 目標寸法、寸法制御範囲を設け、この寸法制御範囲内で必要とする露光ラチチュードを満足する実用フォーカス深度を定めた、ベストフォーカスにおける露光ラチチュードと要求されるラチ

チュード、及び実用フォーカス深度により算出されるフォーカス深度と露光ラチチュードを組み合わせた実用解像力指数を定めたので、この指数を評価することにより、フォーカス深度と露光ラチチュードを組み合わせた評価が可能である。また、評価指数の算出はデータより定量的に行うことができ、判断基準のバラツキ、データ収集に対する時間が削減され、短時間で正確な評価が可能となる。

(E) 各空間周波数毎に目標寸法、寸法制御範囲を設け、この寸法制御範囲内で必要とする露光ラチチュードを満足する実用フォーカス深度を定めた、また、解像力指数を台形の面積として定義し、評価する空間周波数に関しては、これ以下の空間周波数の台形との重複の領域を評価することにより、フォーカス深度と露光ラチチュードを組み合わせた評価が可能となり、また空間周波数による露光量依存性に関する評価も行うことができる。更に、評価指数の算出は、データにより定量的に行うことができ、判断基準のバラツキをなくし、

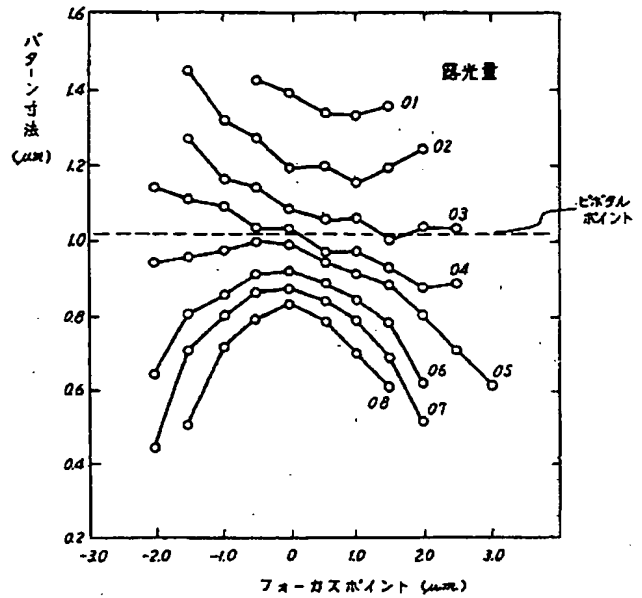
データ収集の時間も削減できるため、短時間で正確な評価が可能となる。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の実施例を示す第4図の図長データをフォーカスの2次関数 $g x^2 + h x + 1$ で回帰分析した結果を示す図、第2図は本発明の係数 $g$ の露光量依存性と $g=0$ となる露光量 $E_0$ を示す図、第3図は本発明の係数 $(1 - (h^2 / 4g))$ の露光量依存性と露光量 $E_0$ からのビボタルポイント決定説明図、第4図は従来のビボタルポイントの決定方法の説明図、第5図は従来のベストフォーカスでのパターン寸法特性を示す図、第6図は従来のパターン忠実度の評価を説明する図、第7図は本発明の第2実施例を示すフォーカスと露光量を変数としたレジストパターン寸法を示す図、第8図は第7図の図長データを露光量毎にフォーカスの2次関数で回帰分析した結果を示す図、第9図は本発明の第2実施例を示す1パラメータの露光量依存性と露光量 $E_0$ からのビボタルポイント決定説明図、第10図は本発明の第3実

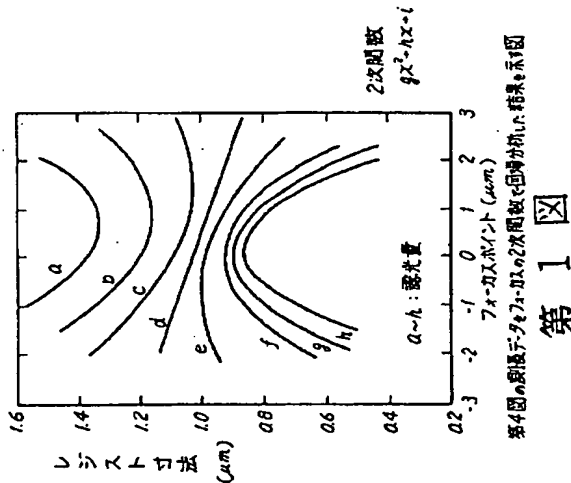
施例を示す2次関数による回帰分析結果を示す図、  
第11図は本発明の第3実施例を示すパターン寸法  
制御範囲の各露光量のフォーカス深度、寸法上限  
及び下限値の露光量の説明図、第12図は実用フォ  
ーカス深度を求めるための直線近似と最大フォ  
ーカス深度の説明図、第13図は目標寸法、寸法制御  
範囲におけるフォーカスポイント毎の露光量 $E_p$ 、  
 $E_m$ を得る方法の説明図、第14図は露光ラチテ  
ード最大値からのベストフォーカスの決定説明図、  
第15図は空間周波数に対する実用解像力指数の説  
明図である。

特許出願人 沖電気工業株式会社  
代理人 弁理士 清水 守 (外1名)



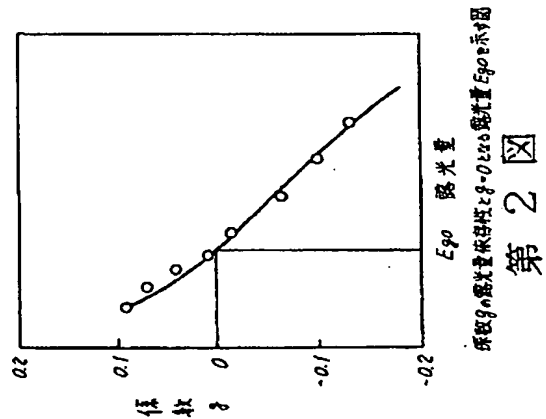
従来のビタクルポイントの決定方法の説明図

第4図



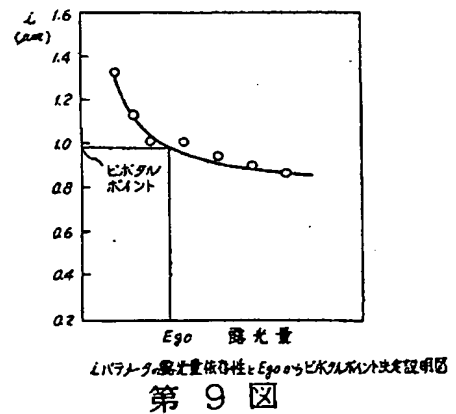
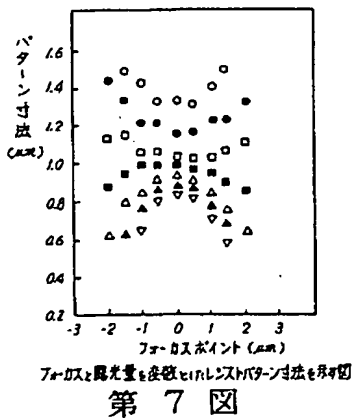
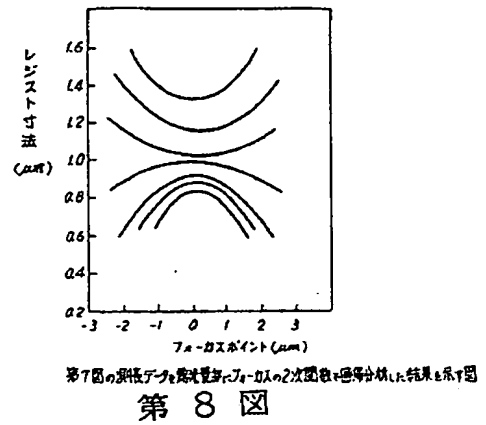
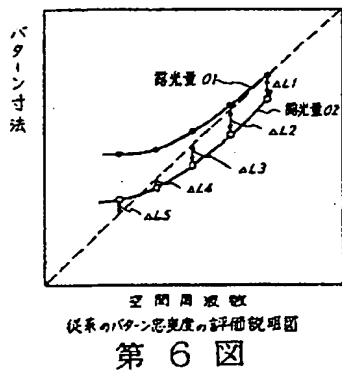
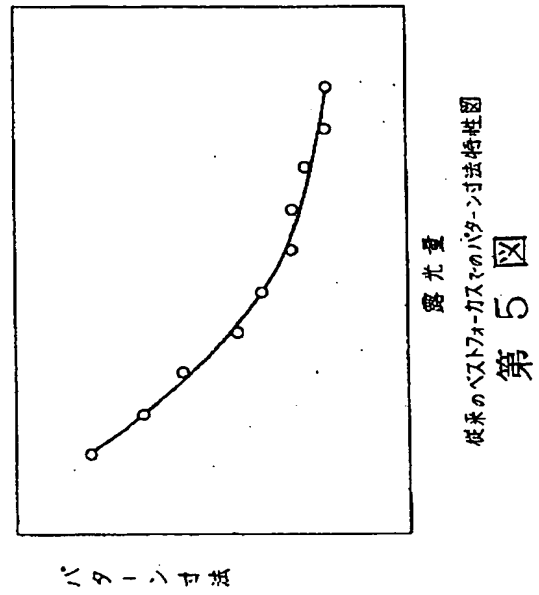
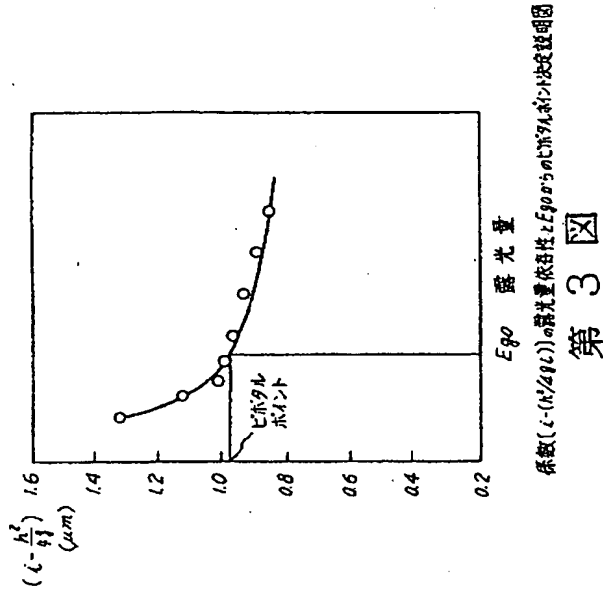
第4図の回帰データから2次関数で回帰分析した結果を示す図

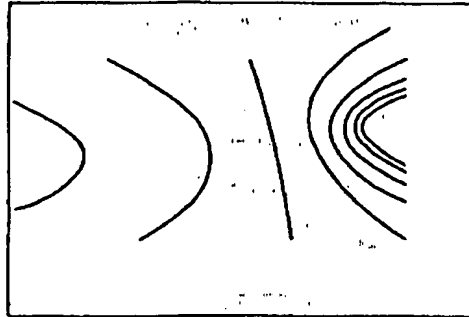
第1図



係数gの露光量依存性2g-0.248露光量Egoを示す図

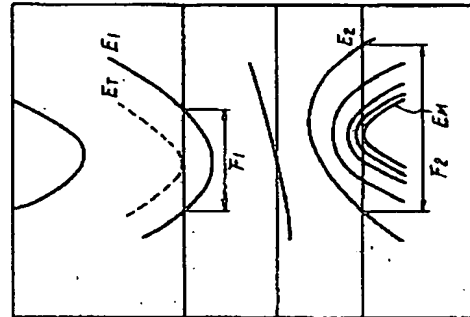
第2図





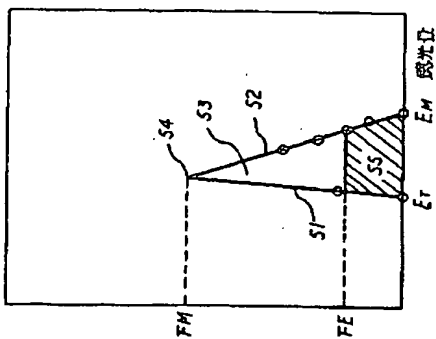
パターン寸法

ファイカス  
2次関数による図内分析結果を示す図  
第10図



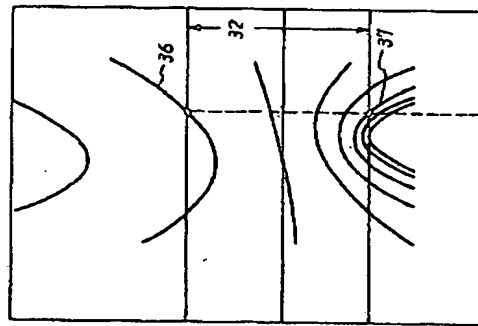
パターン寸法

ファイカス  
パターン寸法のファイカス依存特性図  
第11図



ファイカス深度

ファイカス深度のファイカス依存特性図  
第12図



パターン寸法

ファイカス  
パターン寸法のファイカス依存特性図  
第13図

手続補正書 (自発)

平成 元年 5月24日

特許庁長官 吉田 文 毅 殿

1. 事件の表示

平成 1年特許願第043083号

2. 発明の名称

縮小投影露光装置の実用解像力評価方法

3. 補正をする者

事件との関係 特許出願人

住所 〒105 東京都港区虎ノ門1丁目7番12号

名称 (029) 沖電気工業株式会社

代表者 小 杉 信 光

4. 代理人

住所 〒101 東京都千代田区外神田3-2-9

大矢ビル

氏名 (8963) 弁理士 清水

(外1名)

5. 補正の対象

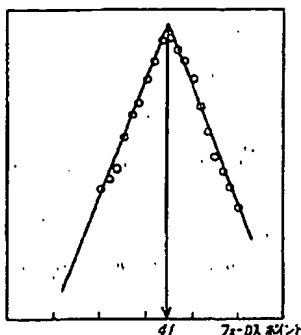
明細書の「発明の詳細な説明の欄」及び「図面」

6. 補正の内容

別紙の通り

特許庁  
5/24

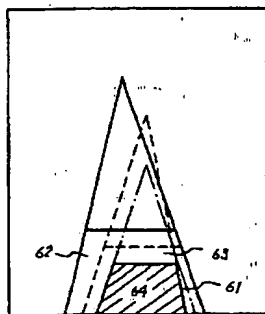
露光ラチチート



露光ラチチートと露光装置の構造図

第14図

フォーカス深度



露光量

空間周波数に対する実用解像力係数の説明図

第15図

7. 前記以外の代理人

住所 〒101 東京都千代田区外神田3-2-9

大矢ビル

氏名 (9642) 弁理士 川 合

(1) 発明の詳細な説明の欄を次の通り補正する。

(1) 明細書の第9頁第15行目及び第10頁第12行目

に記載の「断面基準」を「判断基準」と補正する。

(2) 明細書の第12頁第1行目に記載の「また」を

「または」と補正する。

(3) 明細書の第18頁第13行目に記載の「介しては」

を「対しては」と補正する。

(4) 明細書の第19頁第12行目に記載の「i」を

「値」と補正する。

(5) 明細書の第25頁第10行目に記載の「フォーカ

スポイント41」を「フォーカスポイント71」と補

正する。

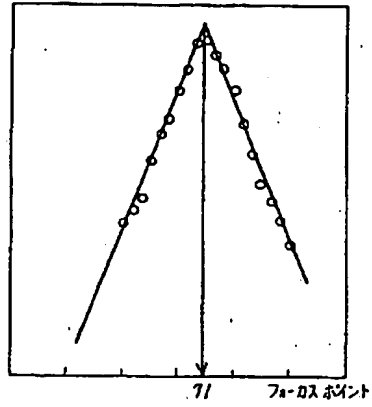
(6) 明細書の第26頁第16行目及び第28頁第17行目

に記載の「深度とり」を「深度をとり」と補正す

る。

(2) 図面中、第14図を別紙の通り補正する。

露光ラチチュード



露光ラチチュード最大値のベストフォーカスの決定説明図

第 14 図